

*Тимофеев Ю.В., Клочко А.А. Национальный  
технический университет «ХПИ», Харьков,  
Ковалев В.Д., Кравченко Д.А., Терещенко Т.В.  
Донбасская государственная машиностроительная  
академия, Краматорск, Украина*

## **ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ ЗУБЧАТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ**

Одним из важных направлений применения гидродинамической теории смазки является практическое использование зубчатых цилиндрических зубчатых передач в металлорежущих станках работающих на высоких скоростях ( $v = 15\text{--}25\text{ м/с}$ ) при высоких нагрузках. В контактно-гидродинамической (КГ) теории не учитывалось неньютоновское состояние жидкости, у которой зависимость касательного напряжения сдвига от градиента скорости сдвига более сложная, чем при ньютоновской в виде  $\tau = \mu_{\text{эф}}(k_0, T, u, \delta_u/\delta_y)\delta_u/\delta_y$ , где коэффициент пропорциональности  $\mu_{\text{эф}}$  уже зависит от скорости и градиента скорости.

В предыдущих решениях КГ проблемы рассматривалась стационарная задача, когда нагрузка и скорость не зависят от времени. В реальных условиях зона контакта почти всегда находится в условиях переменных нагрузок и скоростей движения. Действительно, переменная во времени нагрузка на контакт объясняется вибрацией и изменяется по пульсирующему циклу. При сопряжении зубчатых цилиндрических колес сопрягаемые эвольвентные поверхности перемещаются относительно друг друга с проскальзыванием в контактах и имеют место удары. Это приводит к тому, что трущиеся поверхности, кроме скоростей движения, направленных по касательным к поверхностям, приобретают также скорости по нормали к площадке контакта. В моменты запуска и остановок реверсирования резко меняются скорости движения, и неизвестно, как быстро происходит возникновение жидкостного трения. Таким образом, известные работы не охватывают важные для практики случаи, и в настоящее время получение общего теоретического решения нестационарной КГ задачи является актуальным. При уменьшении толщины смазочного слоя и приближении ее к сумме высот микроне-

ровностей возникает необходимость учитывать влияние шероховатости трущихся поверхностей на КГ процессы.

Для полного решения КГ проблемы при наличии шероховатости используются вероятностные методы анализа, так как соударение выступов подчиняется соответствующим статистическим законам, с учетом вязкоупругого поведения жидкости. Практика эксплуатации зубчатых передач доказала реальное осуществление контактно-гидродинамического режима трения, где толщина смазочного слоя значительно превосходит высоты микронеровностей. Экспериментально доказано, что расчетная долговечность зубчатых передач может быть гарантирована лишь при определенном соотношении между толщиной масляного слоя и микрогеометрией контактирующих поверхностей. Все опубликованные решения КГ задачи производятся численным методом, путем последовательного наложения решений гидродинамической и упругой задач до получения сходимости результатов.

Значительное отличие результатов, получаемых при раздельном рассмотрении гидродинамической и контактной задач, затрудняет получение сходимости при их последовательном наложении.

При решении КГ задачи для зубчатых сопрягаемых передач, необходимо определить контактные смещения эвольвентных поверхностей под действием сил давления, возникающих в смазочном слое. Решение КГ задачи для зубчатых сопрягаемых передач выполняется применением метода интегральных преобразований Фурье. Для успешного применения предложенных методов расчета, основанных на КГ теории смазки, изыскания возможности повышения работоспособности зубчатых передач необходимо сравнить результаты расчета по этим методикам с результатами экспериментальных исследований, а также теоретических расчетов других авторов. При этом наибольший интерес представляет экспериментальная проверка разработанной теории. В связи с тем, что основной расчетной величиной, определяющей КГ режим работы зубчатых колес, является толщина и форма смазочного слоя, значительный интерес представляет сравнение экспериментально замеренных толщин смазочного слоя с теоретически рассчитанными.

*Основными причинами выхода зубчатых передач из строя являются: поломка зубьев, выкрашивание активных поверхностей и отслаивание поверхностных слоев зубьев, абразивный износ зубьев, пластические деформации зубьев и заедание. В развитии выкрашивания*

*существенную роль играет смазка – при наличии смазки создаются благоприятные условия для развития выкрашивания прежде всего на ножках зубьев, являющихся отстающими поверхностями.*

Практика эксплуатации зубчатых передач доказала реальное осуществление КГ режима трения, где толщина смазочного слоя превосходит высоты микронеровностей, экспериментально доказано, что расчетная долговечность зубчатых передач может быть гарантирована при определенном соотношении между толщиной масляного слоя и микрогеометрией контактирующих поверхностей.

Решения КГ задачи производятся численным методом, путем последовательного наложения решений гидродинамической и упругой задач до получения сходимости результатов при определенных значениях рабочих параметров формы зазора между сопрягаемыми эвольвентными поверхностями и соответствующей эпюры распределения давления в масляном слое.

*Шелковой Н.А., Клочко А.А. Национальный технический университет «ХПИ», Харьков,  
Равская Н.С., Воробьев С. Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев,  
Палашек С.Ю. Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорск, Украина*

## **УСОВРЕЩЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЗУБЧАТЫХ ПЕРЕДАЧ**

Цилиндрические шевронные и конические прямозубые, косозубые передачи, наряду с достоинствами, имеют присущие им эксплуатационные и технологические недостатки и в ряде случаев не удовлетворяют возрастающим требованиям, предъявляемым к современным зубчатым передачам.

Арочная форма зубьев в настоящее время является реальным резервом для дальнейшего повышения эффективности зубчатых передач и средств для их производства. Арочная форма зубьев может использоваться в цилиндрических и конических передачах с эвольвентным зацеплением и зацеплением Новикова.